

基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析

邱彭华^{1,2}, 徐颂军^{1,*}, 谢跟踪², 唐本安², 毕 华², 余龙师²

(1. 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631; 2. 海南师范大学资源环境与旅游系, 海口 571158)

摘要 :以海南岛西部地区为研究对象,选取分离度、分形维数、破碎度 3 个景观格局指标和土地沙化、土壤侵蚀 2 个敏感性指数,构建景观类型脆弱度和区域生态脆弱度模型,从景观格局与生态系统敏感性相结合角度探讨了区域生态环境脆弱性问题。结果表明:(1)研究区耕地的景观类型脆弱度最大,林地次之,水域最小;(2)相关分析显示,景观类型脆弱度与沙化敏感性、景观类型脆弱度与破碎度、破碎度与土地沙化敏感性、破碎度与区域生态环境脆弱性之间存在着显著和极显著的正相关关系;(3)区域生态环境脆弱性分区的空间分布与客观实际吻合良好,表现为:水平方向上,生态脆弱度大体平行于海岸线,呈条带状分布,离海岸线的距离越近脆弱度值越高,垂直方向上,生态脆弱度具有随海拔增高坡度变大而出现增大的趋势;(4)格局指数与区域生态环境脆弱性驱动力间的关联分析,表明琼西区域景观特征和区域生态环境脆弱性的变化主要受人类活动所调控,同时,还受控于海洋和地貌两大自然因素。区域生态脆弱性格局指标与脆弱性驱动力之间有着良好的信息反馈联系;(5)从景观视角出发,建立起景观信息与区域生态环境响应之间的联系,可以从更广、更高层面上来分析与评价区域环境问题,并为区域生态环境的建设提供新的研究方法和思路及有益的实践指导。

关键词 :景观格局,敏感性,脆弱度,海南岛,生态系统

文章编号:1000-0933(2007)04-1257-08 中图分类号:X36 文献标识码:A

Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity

QIU Peng-Hua^{1,2}, XU Song-Jun^{1,*}, XIE Gen-Zong², TANG Ben-An², BI Hua², YU Long-Shi²

1 College of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

2 Department of Resources, Environment and Tourism, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (4) 1257 ~ 1264.

Abstract :The ecological vulnerability of the western Hainan Island was assessed using a combined landscape pattern and ecosystem sensitivity approach. Models were developed by considering the following five factors: (1) reciprocal of fractal dimension (FD), (2) isolation (FI), (3) fragmentation (FN), (4) sensitivity of land desertification (SD), and (5) sensitivity of soil erosion (SW). The major findings of this study include: (1) The vulnerability of various landscape types was in the following decreasing order: farmland > forest land > water area. This suggests that the ecosystems of farmland and forest land are unstable and therefore sensitive to external disturbances; (2) Significantly positive relationships were found between VI (vulnerability of landscape types) and SD , VI and FN , FN and SD , FN and EVI (regional eco-

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (40661004), 海南省自然科学基金资助项目 (80526 80688), 海师青年基金资助项目 (HSQN0317)

收稿日期 2006-04-21; 修订日期 2006-12-15

作者简介 邱彭华 (1974 ~), 男, 湖南郴州人, 博士生, 主要从事区域环境生态和生态规划研究. E-mail: cphscnu@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xusj@sncu.edu.cn

Foundation item The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 40661004), the National Natural Science Foundation of Hainan Province (No. 80526; 80688) and the Qingnian Foundation of Hainan Normal University (No. HSQN0317)

Received date 2006-04-21; **Accepted date** 2006-12-15

Biography QIU Peng-Hua, Ph. D. candidate, mainly engaged in regional environmental ecology and ecology planning. E-mail: cphscnu@163.com

environment vulnerability). This suggests that *FN* and *SD* have great impacts on *VI* and *EVI* in the western Hainan Island ; (3) There is a good agreement between the predicted and actual distribution of *EVI* zones. *EVI* value tends to decrease with increasing distance from the coastline and increase with increasing altitude. (4) The landscape pattern and regional ecological vulnerability in the western Hainan Island is predominantly controlled by human activities though physical factors such as topography and ocean influences also play roles in the process ;and (5) The establishment of relationships between landscape information and the regional ecological responses will offer a better way to analyze and assess regional eco-environment issues and therefore better guide the ecological construction in the region.

Key words : landscape pattern ; sensitivity ; index of vulnerability ; Hainan Island ; ecosystem

生态环境是人类生存和发展的基本条件 ,是社会经济可持续发展的基础。目前 ,区域环境评价偏重于狭义上的单因素低层面的环境污染评价。这显然已不能满足区域可持续发展的要求了 ,需要寻求更高层次的综合定量评价。景观生态系统 (简称景观)被认为是实现区域可持续发展和区域生态建设研究的适宜空间尺度^[1~4] ,已有不少学者在这方面做了一些有益探索^[5~10]。景观既是生物的栖息地 ,更是人类的生存环境 ,具有高度的综合性和明显的地域性 ,它整合和浓缩了特定地域上诸多自然要素和人文现象间的内在联系。若能从景观视角挖掘出格局信息与生态环境脆弱性之间的内在关联性 ,建立起景观信息与区域生态环境响应之间的联系 ,则可从更广、更高层面上来分析与评价区域环境问题 ,为区域生态环境的建设提供新的研究方法思路。鉴于此 ,文章以海南岛西部地区为研究对象 ,从景观格局与生态系统敏感性结合角度探讨区域生态环境问题 ,以期为区域环境整治、资源利用和可持续发展提供有益的现实指导。

1 研究区概况

海南岛西部地区 (简称琼西)西濒北部湾 ,东倚五指山和黎母岭 ,包括儋州、白沙、昌江、东方和乐东 5 个市 (县) ,面积约 $1.173 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地势东高西低 ,层状地貌显著 ,自西往东依次为滨海平原、阶地、台地、丘陵、低山和中山。气候属热带半干旱季风气候 ,具有明显的高温干湿季节 ,旱季长达 6~8 个月 ,降水少 ,多年平均降雨量仅 967.5~1091mm ,5~10 月份为湿季 ,多暴雨 ,降水量约占全年的 90%。年均温在 24.5~25.2℃ 间 ,年蒸发量高达 2525 mm ,年干燥度为 1.97 ,冬半年可达 4.0 以上^[11]。受寒潮大风、干热风、台风频繁吹袭 ,风季漫长 ,风力强盛。土地利用中水田耕作较少 ,旱地与园地比重明显偏大。灌溉水田 1271.58 km² ,分别占耕地和土地总面积的 41.80% 与 10.84% ,旱地 1628.14 km² ,占耕地的 53.53% 和土地总面积的 13.88% ,园地 1628.22 km² ,约占土地总面积的 13.88% ,有林地面积 3802.08 km² ,占土地总面积的 32.41%。植被多旱生 ,表现为稀树灌丛、稀树草坡和落叶半落叶季雨林等。植被分布有较明显的垂直分异和水平差异特征 ,西部沿海平原台地带为稀树灌草、耐旱热作 ,内缘丘陵盆地带为落叶与半落叶季雨林 ,东部边缘山地带为山地常绿阔叶林、山地雨林和草山草坡 ,山谷偶有沟谷雨林分布。土壤有砖红壤、燥红土、风沙土等 ,成土母质与土类结构松散、固结力差。区内沙化、水土流失、植被退化等系列生态环境问题较突出 ,生态环境系统稳定性差、抗逆性弱、敏感性强 ,具有明显的脆弱性。

2 研究方法

2.1 景观类型的划分

以土地利用现状为基础 ,将全区划分为 7 种景观类型 : (1) 耕地 ,包括灌溉水田、望天田、水浇地、菜地和旱地 ; (2) 园地 ,包括果园、茶园、橡胶园和其他园地 ; (3) 林地 ,包括灌木林、有林地、疏林地、未成林造林地等 ; (4) 草地 ,包括天然和人工草地 ; (5) 建设用地 ,包括农村居民点、城镇用地、独立工矿用地、盐田和特殊用地 ; (6) 水域 ,指河、湖、坑塘及水库 ; (7) 未利用地 ,包括荒草地、沙地、沼泽地、裸岩、裸土、石砾地、滩涂、明暗礁。交通用地纳入其邻近的其他景观类型当中 ,如靠近居民点的交通用地划为居民点用地 ,靠近耕地的交通用地 ,当作耕地景观处理。

2.2 景观指标的选取及其生态学意义

景观格局是景观空间异质性的具体表现 ,同时也是各种生态过程在不同尺度上作用的结果。文章选择能反映生态环境脆弱性特征的分离度、分形维数、破碎度指标来进行区域生态脆弱性评价。

(1) 分离度 (FI) 指景观类型中不同元素或斑块个体分布的分离程度。它在一定程度上反映了人类活动强度对景观结构的影响。分离度越大 ,表明景观类型在地域上越分散 ,其稳定性越差 :

$$FI = D_i / S_i \quad S_i = A_i / A \quad D_i = \frac{1}{2} \sqrt{n/A} \tag{1}$$

式中 FI 为景观分离度 ; n 为景观类型 i 的元素数 ; A_i 为 i 类景观的面积 ; A 为研究区总面积。

(2) 分维数倒数 (FD) :景观斑块的分维数反映了景观形状的复杂程度和景观的空间稳定程度。它采用周长与面积关系进行计算。分维数一般处于 1 ~ 2 之间。其值愈趋近于 1 ,则斑块的几何形状愈趋于简单、规则 ,表明受干扰的程度愈大。反之 ,愈趋近于 2 ,斑块的几何形状愈复杂 ,自然度越强。故取分维数倒数来反映景观类型受干扰的程度 ,其值越高 ,表示干扰越强烈 :

$$FD = \frac{1}{2 \log (P/4) / \log A} \tag{2}$$

式中 FD 为分维倒数 ; P 为斑块周长 ; A 为斑块面积。

(3) 破碎度 (FN) 指某景观类型在特定时间里和特定性质上的破碎化程度。它在一定程度上也反映了人类对景观的干扰强度。表征景观破碎度的指标很多 ,如斑块密度、斑块破碎化指数等。此处选取综合程度较好的斑块破碎化指数作为参评指标。其公式如下 :

$$FN = MPS \cdot (N_f - 1) / N_c \tag{3}$$

式中 FN 为某景观类型的破碎化指数 ; $FN \in [0, 1]$ 0 表示景观完全未被破坏 ,1 表示景观被完全破坏 ; MPS 由景观内所有斑块的平均面积除以最小斑块面积得到 ; N_f 为某景观类型的斑块总数 ; N_c 为研究区景观总面积除以最小斑块面积之值。

2.3 生态系统敏感性指数的计算

景观格局指数是对景观类型结构特征的总体描述 ,不同景观类型可能具有相同或相似的格局特征 ,因此 ,仅仅依赖于景观格局信息不足以充分说明生态环境脆弱性问题。为此 ,选用一些能反映区域生态环境脆弱性的敏感性指标进行补充与修正。从研究区概况可知 ,琼西生态环境具有土地沙化和水土流失两大脆弱性特征。根据突出主要矛盾减少干扰信息的原则 ,选用土地沙化和土壤侵蚀两个敏感性指数来完善区域生态环境脆弱性的景观生态学评价。

土地沙漠化敏感性程度可用湿润指数、土壤质地及起沙风的天数等来进行评价。土壤侵蚀敏感性则以通用土壤侵蚀方程为基础 ,综合考虑降水侵蚀力 (R)、地貌坡度坡向 (LS)、植被 (C)与土壤质地 (K)等因素 ,运用 GIS 来进行综合评价。二者的具体评价指标、分级标准与计算方法详见国家环保总局发布的《生态功能区划技术暂行规程》附件 C。研究区土壤侵蚀敏感性评价中的降水侵蚀力 R 值根据海南岛的降雨特点和赵玉国、余炜敏的相关研究^[21] ,采用周伏建经验公式 ,坡度坡长 LS 值采用 Mutchler 和 Murphree 算式估算 ,土壤质地 K 值采用 Wischrneier 和 Smith 的公式计算 ;不同土地覆被类型的 C 值选用赵玉国等人的已有研究成果 ,其值在 0.003 ~ 1.0 之间^[23]。对于 P 因子 ,根据前人^[23]的研究成果 ,水田取 0.15 ,其他类型基本无水保措施 ,取 1。

研究区各景观类型的土地沙化和土壤侵蚀敏感性指数计算分别如式 (4)和式 (5) :

$$SD_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_{ij}}{A_i} \cdot W_{ij} \tag{4}$$

式中 SD_i 为 i 景观类型的土地沙化敏感性指数 ; A_{ij} 表示 i 景观类型分布在 j 沙化敏感级上的面积 ; A_i 为 i 景观类型总面积 ; W_{ij} 为 i 景观类型相对于 j 沙化敏感级的权重 ; i 为景观类型 ; j 为土地沙化敏感级 ; n 为景观类型总数。

$$SW_i = \sum_{j=1}^n \frac{B_{ij}}{B_i} \cdot S_{ij} \tag{5}$$

式中 SW_i 为 i 景观类型的土壤侵蚀敏感性指数 B_{ij} 表示 i 景观类型分布在 j 土壤侵蚀敏感级上的面积 B_i 为 i 景观类型总面积 S_{ij} 为 i 景观类型相对于 j 土壤侵蚀敏感级的权重 j 为土壤侵蚀敏感级 $j = 1 \sim n$ 同式 (4)。

2.4 景观类型脆弱度指数模型

根据景观格局指数的生态学意义及其与生态环境响应之间的联系,对格局指数和敏感性指数采用多级加权求和法来实现区域景观类型脆弱性评价:

$$VI_i = \alpha \cdot FI_i + \beta \cdot FD_i + \gamma FN_i + \delta \cdot SD_i + \varphi \cdot SW_i \tag{6}$$

式中 VI_i 为景观类型 i 的脆弱度指数; FI_i 、 FD_i 、 FN_i 、 SD_i 、 SW_i 分别为景观类型 i 的分离度、分维数倒数、破碎度、沙化敏感性指数和土壤侵蚀敏感性指数 α 、 β 、 γ 、 δ 、 φ 为权重。

2.5 区域生态脆弱度计算模型

景观类型脆弱度指数只反映了各景观类型的脆弱性特征,并不能从空间上反映整个区域的生态环境脆弱性特征。为此,需要构建使景观类型脆弱度指数空间化的模型,建立起景观类型脆弱度与区域综合生态环境脆弱性之间的联系。计算模型如下^[6]:

$$EVI = \sum_{j=1}^n \frac{A_i}{TA} \cdot VI_i \tag{7}$$

式中 EVI 为区域生态环境脆弱度; A_i 为样地中景观类型 i 的面积; TA 为样地总面积; VI_i 为景观类型 i 的脆弱度指数。

根据研究区面积、景观格局及生态系统的特点,采用 8km×8km 格网全覆盖系统采样法,将每个格网的综合生态环境脆弱度指数值作为样地中心点的生态环境脆弱度。在此基础上利用 ArcGIS8.3 进行普通克里格法插值,获得全区生态环境综合脆弱度分布图。

3 资料准备与处理

所用资料包括研究区 1998 年 1:20 万数字化土地利用现状图、1:20 万政区图、1:20 万数字化地形图、1:20 万土壤类型和土壤质地图、1:20 万植被类型图和各县市的气象数据。图形处理软件为 ArcGIS 8.3、ArcView 3.2a。资料处理的流程如图 1。

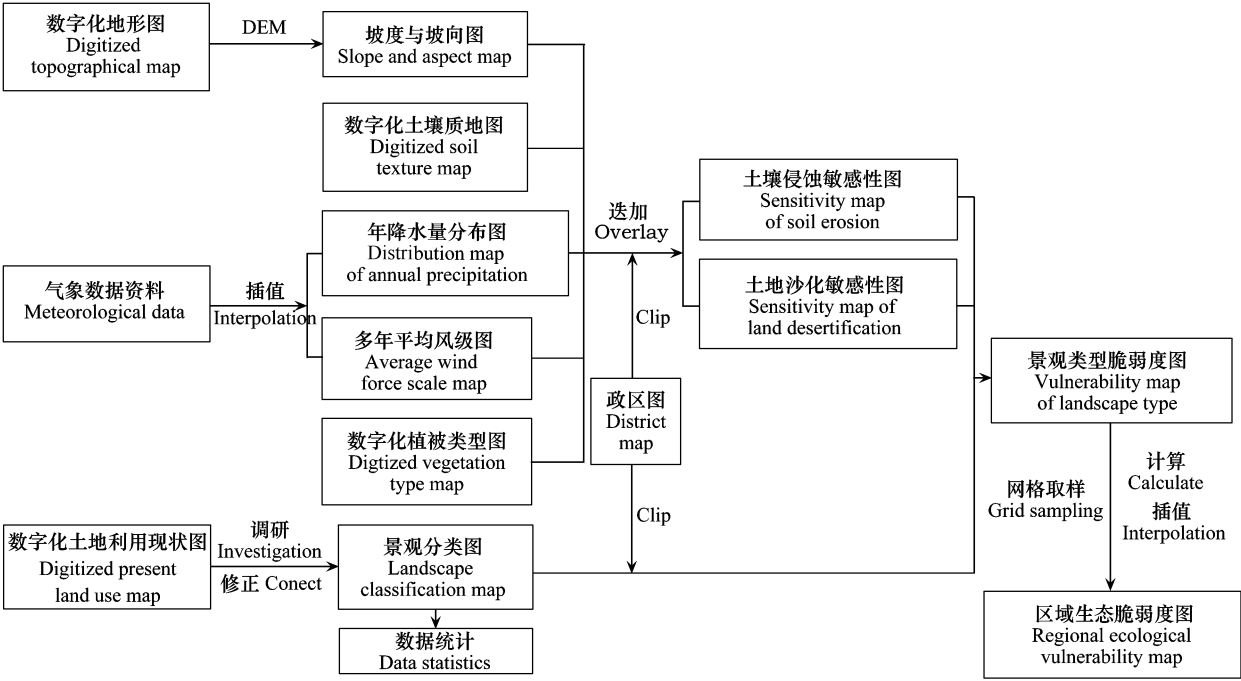


图 1 资料处理技术路线

Fig. 1 Data processing techniques

4 结果分析

4.1 景观类型脆弱度分析

用 ArcView 统计各景观类型的斑块数、面积、周长 ,然后确定权重。在敏感性指数计算中不同敏感级的权重是根据敏感级别的划分先按 1、3、5、7、9 确定相对权重级别 ,之后按各级权重总和为 1 的原则计算 ,得到不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极度敏感 5 个权重向量 (0.04 0.12 0.2 0.28 0.36)。景观类型脆弱度指数计算中的权重值采用因子分析法进行赋权 ,其权值为 $\alpha = 0.2219$, $\beta = 0.1201$, $\gamma = 0.2174$, $\delta = 0.2220$, $\varphi = 0.2186$ 。最后根据上述公式计算出相应的指数值 ,结果如表 1。

表 1 景观类型脆弱度指数
Table1 Vulnerability indexes of the landscape types

	耕地 Farmland	园地 Garden plot	建设用地 Construction area	林地 Forest land	草地 Grassland	水域 Water area	未利用地 Unused land
分维倒数 (FD)	0.7262	0.7454	0.7497	0.7439	0.8119	0.7639	0.7498
分离度 (FI)	0.0007	0.0007	0.0040	0.0003	0.0030	0.0014	0.0016
破碎度 (FN)	0.3127	0.1054	0.2036	0.2572	0.0063	0.0244	0.0887
沙化敏感性 (SD)	0.1690	0.1343	0.1681	0.1240	0.1233	0.1405	0.1151
侵蚀敏感性 (SW)	0.0408	0.0430	0.0418	0.0972	0.1051	0.0404	0.1025
类型脆弱度 (VI)	0.2018	0.1518	0.1816	0.1941	0.1499	0.1374	0.1576

分维倒数 (FD) reciprocal of fractal dimension ;分离度 (FI) isolation ;破碎度 (FN) fragmentation ;沙化敏感性 (SD) sensitivity of land desertification ;侵蚀敏感性 (SW) sensitivity of water erosion ;类型脆弱度 (VI) Vulnerability index of landscape types

各指数中分维数倒数最大者为草地 ,其次是水域 ,这表明草地和水域受人为影响较大。在经济利益驱动下 ,天然草地变成人工草场 ,以及草地不断受周边耕地、园地和建设用地的蚀占 ,边界人为干扰较为强烈。因区内气候干季明显偏长 ,为保证生产生活用水 ,水域景观多为人工修挖的坑塘、水库。耕地的破碎度最高 ,其次为林地。园地破碎度和分离度都较小 ,集中成片分布在儋州市丘陵台地上。耕地虽然破碎 ,但在区内有集聚分布趋势 ,故其分离度不大。建设用地分离度最大 ,次为草地 ,林地最小。所有这些反映了人类活动对耕地和建设用地的影响十分强烈 ,对林地与草地的影响也不小。研究区各景观类型的脆弱度排序为 :耕地 > 林地 > 建设用地 > 未利用地 > 园地 > 草地 > 水域。这表明耕地和林地景观类型的系统稳定性不强 ,对外界干扰反应敏感 ,受外界较大干扰作用后向沙漠化方向退化的机率较大 ,在粗放的管理与利用条件下易发生退化。耕地主要集中于区内西部平原与台地上 ,干旱缺水 ,灌溉不便 ,人为活动强度大 ,因此成为全区脆弱度最大、沙化敏感性最强的景观类型。琼西天然林主要分布在海拔 500 ~ 1500m 的山地 ,次生林集中分布在 500m 以下的丘陵区 ,且现存的天然林和次生林林分质量大为下降 ,郁闭度从 0.8 降至 0.4 的占全区有林地的 60% ~ 70%。长期过度的人为影响 ,使本区林地系统的生态稳定性大幅度下降 ,脆弱性增强。各景观类型中草地的土壤侵蚀敏感性最强。其实 ,琼西草地并非气候成因的草原 ,而是由热带森林经多次反复砍伐 ,植被几经演替而成。随着植被的演替 ,覆盖度逐渐降低 ,水土流失也因之不断增强。

4.2 脆弱度指数相关分析

为探讨景观类型脆弱度与各指数间 ,以及各指数相互之间的关系 ,运用 Statistica 统计软件计算了各类指数间的皮尔逊相关系数 ,结果如表 2。

相关分析表明 ,景观类型脆弱度与沙化敏感性、景观类型脆弱度与破碎度、破碎度与土地沙化敏感性、破碎度与区域生态环境脆弱性之间都存在着显著的正相关关系。这说明破碎度与沙化敏感性指数对琼西景观类型脆弱度和区域生态环境脆弱度的影响很大。而分维倒数、分离度和土壤侵蚀敏感性则与景观类型脆弱度呈负相关关系 ,分离度和土壤侵蚀敏感性与区域生态环境脆弱度呈弱度正相关关系 ,说明这三者对研究区景观类型脆弱度和区域生态环境脆弱度的贡献率较低。沙化敏感性与破碎度、分离度与分维倒数、土壤侵蚀敏感性与分维倒数也有显著的正相关性 ,表明土地沙化与破碎度、土壤侵蚀与人为干扰强度之间有着较强的相

互促进作用。降雨与干旱是两个相互对立的方面,因而以降水主导的土壤侵蚀敏感性与以干旱引发为主因的沙化敏感性之间存在显著的负相关性。从相关分析知,沙化敏感性指数与破碎度指数综合起来能很好地反映出景观信息与区域生态环境系统脆弱性响应之间的密切联系——在半干旱的自然背景下,人类活动成为区域生态脆弱性变化和景观格局变化的决定性因素。

表 2 脆弱度指数相关性分析

Table 2 Pearson correlation coefficients expressing the relationships between vulnerability indices

项目 Item	分离度 (FI)	破碎度 (FN)	土地沙化敏感性 (SD)	土壤侵蚀敏感性 (SW)	景观类型脆弱度 (VI)	区域生态脆弱性 (EVI)
分维倒数 (FD)	0.5155 *	-0.7681 *	-0.4437 *	0.4823 *	-0.6052 *	-0.3289
分离度 (FI)	1	-0.3031	0.2508	0.0151	-0.1807	0.1241
破碎度 (FN)		1	0.5630 *	-0.2470	0.9694 *	0.8149 *
沙化敏感性指数 (SD)			1	-0.7994 *	0.4940 *	0.4395 *
侵蚀敏感性指数 (SW)				1	-0.0621	0.2995
景观类型脆弱度 (VI)					1	0.9237 *

* 显著性水平 p 在 0.05 水平 (双侧检验) Correlation is significant at the 0.05level 2-tailed) ;分维倒数 (FD) Reciprocal of fractal dimension ;分离度 (FI) Isolation ;破碎度 (FN) Fragmentation ;沙化敏感性 (SD) Sensitivity of land desertification ;侵蚀敏感性 (SW) Sensitivity of water erosion ;景观类型脆弱度 (VI) Vulnerabiligy index of landscape types ;区域生态脆弱性 (EVI) Vulnerability index of regional eco-environment

4.3 区域生态环境脆弱性分析

利用区域生态脆弱度计算模型,通过全区格网系统取样计算了研究区 194 个点位的生态脆弱度,经插值生成全区生态环境脆弱度的连续空间分布图,再在综合分析脆弱度指数构成特点的基础上进行等距重新分级,划分出研究区生态环境脆弱性分区:I 级区 (EVI 值为 0.1523 ~ 0.1616,下同),II 级区 (0.1616 ~ 0.1709),III 级区 (0.1709 ~ 0.1803),IV 级区 (0.1803 ~ 0.1896),V 级区 (0.1896 ~ 0.1989) (图 2)。

分区结果表明,I 级区面积极小,只占研究区面积的 0.25%;II 级区约占 4.18%;III 级区约 21.72%;IV 级区面积最大,占 45.24%;V 级区面积也较大,占 28.61%。

从水平空间分布上看,I、II、III 级分区主要集中在东北角。其中,I、II 级区大部分集中分布在坑塘水库区及附近地带,周边植被以灌丛和次生林为主,小部分位于人工林台地丘陵上,III 级区植被类型也主要是人工林,此 3 个分级的土地类型以中石质砖红壤为主,IV 级区基本上纵贯研究区中部,植被类型以季雨林和灌丛为主,土壤质地为重石质轻壤的砖红壤;V 级区则集中分布在沿海一带,呈北窄南宽的条带状南北向弧形延伸,在西南部的东方和乐东境内面积显著增大,其植被类型以人工林为主,如木麻黄林、细叶桉林、腰果等,其次是沿海稀疏荒草地和砂生草原,土壤为燥红土、滨海砂土。另外,在东部和中部亦有少数山地区属于 V 级脆弱区,植被类型主要是季雨林和山地牧草地,土壤以重石质的山地赤红壤为主。因此,整体而言,生态脆弱度大表现为平行于海岸线,呈条带状分布,离海岸线的距离越近生态脆弱度值越高。这种分布特征说明在区域尺度上海洋是琼西地区生态环境的主导控制因素之一,沿岸逆时针冷流性质的区域性海流,以及势力较强的海陆风交汇影响,成为区域生态环境的主要自然灾害源。

从垂直空间分布来看,与地貌类型图相对照,琼西区域生态环境脆弱性分区大体呈现出陡坡中、低山中上部 (>600m 以上山地区)为 V 级脆弱区,中、低山基部和丘陵台地交错带为 IV 级脆弱区集中地,III 级脆弱区全位于丘陵台地上,I、II 级脆弱区则位于山谷和山间盆地中,到地势更低平的滨海平原及沿海阶地区又出现条带状分布的 V 级脆弱区。从东西向剖面图可以看出随着海拔由高到低的变化,脆弱度分级大体呈现“高→中→低→高”的变化特征。这种垂直分布特点说明地貌因素也是控制研究区生态环境的主导因素之一。事实上,地貌的变化决定着区域的土壤质地和坡面水流状况,进而影响着区域植被的生长发育和生态系统的稳定性。

5 结语与讨论

(1) 各指数间的相关系数表明 分维倒数与景观类型脆弱度之间存在显著的负相关关系 而分离度与景观类型脆弱度之间存在弱的负相关关系。从景观生态学意义分析 二者特别是分维倒数未能很好的表征景观类型脆弱度 破碎度与景观类型脆弱度之间则存在极显著的正相关关系 能很好地反映出人类活动强度对景观类型脆弱性程度的促进作用。为进一步核实格局指数能否清晰表征区域生态脆弱性程度 对各景观类型作随机格网 (8km×8km) 取样来测定各样方的区域生态脆弱度指数。各景观类型分别抽样 20 次 取其平均值作为该景观类型的区域生态脆弱性值 然后 对平均值与各景观指标值作 Pearson 相关分析 结果如表 2。除分维倒数与区域生态脆弱性呈负相关外 (-0.3289) ,其余指标都与区域生态脆弱性呈正相关关系 其中分离度的正相关系数较小 (0.1241) ,土壤侵蚀敏感性的相关系数稍大 (0.2995) ,沙化敏感性、破碎度、景观类型脆弱度则具有显著、极显著的正相关性 ,分别达到 0.4393、0.8149 和 0.9273。从表征效果看 破碎度和沙化敏感性指标对景观类型脆弱性程度和区域生态脆弱性程度都有很好的表征能力 分离度对区域生态脆弱性程度的表征效果一般 而分维倒数则不太理想 土壤侵蚀敏感性对景观类型脆弱性表征不明显 但对区域生态敏感性程度还是具有较好的表现力。

(2) 沙化敏感性、破碎度与景观类型脆弱度、区域生态环境脆弱性指数之间有着显著、极显著的正相关性 表明二者对琼西生态环境脆弱性影响很大。影响沙

化敏感性的因素主要有气候、地形地貌、土壤结构和人类活动 其中气候变化为土地沙化提供背景基础 而人类活动则是最活跃和最重要的调控因素。景观破碎度是景观在特定时空尺度上破碎化的外在静态表现 其深层的内因则是自然和人为因素的综合驱动。在海南西部 ,气候是影响区域景观特征和生态环境脆弱性的宏观背景因素 但非决定性条件。在历史上 海南岛几乎全为郁郁葱葱的热带天然林所覆盖 出现沙漠化也只是近现代的事情。据调查 琼西丘陵台地区在 80 多年前还林木葱茏 现在已蜕变为热带稀树草原或连片沙荒地 ,水土流失变得严重。造成这一变化的主要根源则是人类长期的掠夺性经营。因此 琼西区域景观特征和区域生态环境脆弱性的变化主要受人类活动所调控。运用评价模型得到的区域生态环境脆弱度空间分布特征与客观实际吻合良好 表现为 水平方向上 生态脆弱度大体平行于海岸线 呈条带状分布 离海岸线的距离越近脆弱度值越高 垂直方向上 生态脆弱度具有随海拔增高坡度变大而出现增大的趋势。这表明海南岛西部地区的生态环境脆弱性还受控于海洋和地貌两大自然因素。地貌既控制着热量和水份的再分配 又影响着成土过程与植被的分布 同时制约着农业生产的结构与布局。琼西地貌的高度变化造成气温垂直变化 致使土壤和植被形成垂直分带。而连绵的山地使本区处于背风雨影区 (中南半岛长山山脉东侧孟加拉季风雨影区和五指山西侧南海季风雨影区) 形成高温少雨的热带半干旱季风气候。同时 具冷流性质逆时针运动的北部湾海流流经本区西侧近海 进一步强化了地形主导下的热带半干旱季风气候。另外 地形与海洋综合作用 形

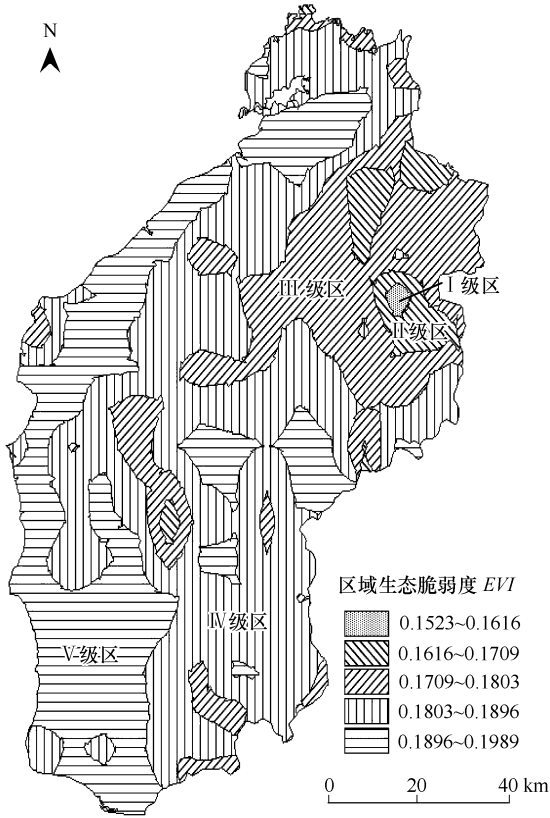


图2 琼西地区生态环境脆弱性分区
Fig.2 Distribution of the regional eco-environment vulnerability in the western Hainan Island
I 级区 The first subarea ; II 级区 The second subarea ; III 级区 The third subarea ; IV 级区 The fourth subarea ; V 级区 The fifth subarea ; 区域生态脆弱度 EVI : Vulnerability index of regional eco-environment

成北部湾狭管效应,使琼西冬季风期间风力加强。这既增强了西部滨海地区的起沙风速,也加快了琼西水分的蒸发速度,成为导致本区荒漠化蔓延的又一诱发因素。综上所述,区域生态脆弱性格局指标与脆弱性驱动力之间有着良好的信息反馈联系。

(3) 文章从景观视角出发,试图通过建立景观格局信息与区域生态环境响应之间的联系,为区域生态环境建设提供新的研究方法与研究思路,并进一步推广景观生态学的实践应用性。分析显示格局指标总体上能较好地反映区域生态环境脆弱性程度,但个别指标的表征效果还不甚理想,如何科学选择景观格局指标来反映区域生态环境脆弱性还需进一步探讨。另外,格局指标的综合信息也较好地体现了其与区域生态环境脆弱性驱动因素之间的内在联系,但各驱动因素之间的相互作用机制及其对区域生态脆弱性的综合影响机理还有待进一步深入研究。

References :

[1] Turner M G. Landscape heterogeneity and disturbance. New York :Spring-verlag ,1987.

[2] Farina A. Principle and Method in Landscape Ecology. Landon :Chapman and Hall ,1998.

[3] Xiao D N ,Xie F J ,Wei J B. Regional ecological construction and mission of landscape ecology. Chinese Journal of Applied Ecology ,2004 ,15 (10) :1731 -1736.

[4] Zhang Y F ,Ren Z Y. Regional ecological security on landscape scale. Journal of Northwest University (Natural Science Edition) ,2005 ,35 (6) :815 -818.

[5] Di B F ,Yang Z ,Ai N S ,et al. Evaluation on Degraded Ecosystem in Jinshajiang Xerothermic Valley Using RS and GIS——A Case Study of Yuanmou County in Yunnan. Scientia Geographica Sinica ,2005 ,25 (4) :484 -489.

[6] Wang J Y ,Zhao G X ,Du C X. Analysis on the Regional Ecological Environment Vulnerability Based on the Information of Spatial Structure of Landscapes——A Case Study in Kenli Country Located in the Yellow River Delt. Arid Zone Research ,2005 ,22 (3) :317 -320.

[7] Zhao Q ,Ding D S ,Huang Q H. Preliminary Study on Quantitative Assessment of Regional Eco-environment——A Case Study of Longmen County in Guangdong Province. Areal Research and Development ,2005 ,24 (6) :104 -108.

[8] Wei J B ,Xiao D N. Landscape pattern and its functioning after ecological reconstruction in black soil region of northeast China. Chinese Journal of Applied Ecology ,2005 ,16 (9) :1699 -1705.

[9] Meng J J ,Shen W M ,Wu X Q. Integrated Landscape Ecology Evaluation Based on RS/GIS of Three-Gorge Area. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis ,2005 ,41 (2) :295 -302.

[10] Liu X W ,Zhou H R. Study on Assessing Index System and Method of Regional Eco-environment Quality Based on Landscape Case Study of Typical Area in the Lower and Middle Reaches of the Tarim River. Research of Soiland Water Conservation ,2005 ,12 (2) :7 -10.

[11] Li S ,Sun W ,Li F ,et al. Study on the Characteristics and the Cause of Sandy Desertified Land in the West of Hainan Island. Acta Geigraphica Sinica ,2005 ,60 (3) :433 -444.

[12] Yu W M ,Qi Z P. Assessment of Soil Erosion in Hainan Island on Basis of SOTER. Journal of Soil and Water Conservation ,2003 ,19 (6) :51 -54.

[13] Zhao Y G ,Zhang G L ,Gong Z T. SOTER-Dased Soil Water Erosion Simulation and Contribution Factor Analysis in Hainan Island. Chinese Journal of Soil Science ,2003 ,34 (3) :219 -224.

参考文献 :

[3] 肖笃宁,解伏菊,魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命. 应用生态学报 2004 ,15 (10) :1731 ~1736.

[4] 张艳芳,任志远. 景观尺度上的区域生态安全研究. 西北大学学报 (自然科学版) 2005 ,35 (6) :815 ~818.

[5] 第宝锋,杨忠,艾南山,等. 基于 RS 与 GIS 的金沙江干热河谷区退化生态系统评价——以云南省元谋县为例. 地理科学 2005 ,25 (4) :484 ~489.

[6] 王介勇,赵庚星,杜春先. 基于景观空间结构信息的区域生态脆弱性分析——以黄河三角洲垦利县为例. 干旱区研究 2005 ,22 (3) :317 ~320.

[7] 赵清,丁登山,黄巧华. 区域生态环境定量评价初探——以广东省龙门县为例. 地域研究与开发 ,2005 ,24 (6) :104 ~108.

[8] 魏建兵,肖笃宁. 黑土侵蚀区生态重建的景观结构与功能分析. 应用生态学报 2005 ,16 (9) :1699 ~1705.

[9] 蒙吉军,申文明,吴秀芹. 基于 RS/GIS 的三峡库区景观生态综合评价. 北京大学学报 (自然科学版) 2005 ,41 (2) :295 ~302.

[10] 刘新卫,周华荣. 基于景观的区域生态环境质量评价指标体系与方法研究——以塔河中下游典型区为例. 水土保持研究 2005 ,12 (2) :7 ~10.

[11] 李森,孙武,李凡,等. 海南岛西部热带沙漠化土地特征与成因. 地理学报 2005 ,60 (3) :433 ~444.

[12] 余炜敏,漆智平. SOTER 支持下海南土壤侵蚀量估算. 水土保持学报 2003 ,17 (6) :51 ~54.

[13] 赵玉国,张甘霖,龚子同. SOTER 支持下海南岛土壤侵蚀模拟与影响因子分析. 土壤通报 2003 ,34 (3) :219 ~224.